Journal of Agricultural Economics and Development
Vol. 35, No. 2, Summer 2021, p. 133-146

نشریه اقتصاد و توسعه کشاورزی
جلد ۳۵، شماره ۲، تابستان ۱۴۰۰، ص. ۱۴۶-۱۳۳

مقاله پژوهشی

تحلیل پوششی داده‌ها در شرایط عدم قطعیت برای بهبود انرژی مصرفی باغات کیوی استان مازندران

مهدی صباغی المشیری[۱]- مرتضی تاکی[۲*]- مصطفی مردانی نجف‌آبادی[۳]- افشین مرزبان[٤]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۱۰/۱۸
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۰۲/۰۹

چکیده

تحلیل انرژی یکی از روش‌های بسیار مفید و موثر به منظور بررسی وضعیت انرژی مصرفی در تولیدات کشاورزی است. در این راستا محققان زیادی در ایران و سایر کشورهای جهان از تحلیل پوششی داده‌ها (DEA) به منظور بهینه‌سازی جریان انرژی مصرفی در انواع محصولات کشاورزی استفاده کرده‌اند ولی بدلیل عدم قطعیت در داده‌های مورد استفاده در این روش، استفاده از الگوهایی که توانایی کنترل این عدم قطعیت را دارا باشند، ضروری است. در این راستا، به منظور تعیین کارایی باغات کشت کیوی استان مازندران و لحاظ عدم قطعیت داده‌های ورودی، از مدل تحلیل پوششی داده‌های استوار (RDEA) و فازی بازه‌ای (FIDEA) استفاده شد. داده‌های مورد نیاز با توزیع و تکمیل پرسشنامه و مصاحبه حضوری و با استفاده از روش نمونه‌گیری تصادفی در سال ۹۸-۱۳۹۷ جمع‌آوری شد. نتایج نشان داد که میانگین کارایی فنی کل مزارع کیوی در مدل RDEA در سه سطح احتمال انحراف از محدودیت ۱۰، ۵۰ و ۱۰۰ درصد به ترتیب برابر با ۰/۹۳، ۰/۹۶ و ۰/۹۸ درصد است. نتایج مدل FIDEA نشان داد که چنانچه سطح محافظت از مدل در مقابل داده‌های نامطمئن (پارامتر α) کاهش یابد، میانگین کارایی مزارع کیوی افزایش می‌یابد. بیش‌ترین میزان صرفه‌جویی انرژی مربوط به نهاده سموم شیمیایی و کم‌ترین میزان صرفه‌جویی مختص نهاده‌های کودهای شیمیایی و الکتریسیته می‌باشد. در این راستا برگزاری دوره‌های آموزشی در زمینه کاربرد درست و بهینه سموم شیمیایی و همچنین افزایش تکنولوژی استفاده از ادوات توزیع سم و کود می‌تواند باعث بهبود کارایی و صرفه‌جویی در میزان مصرف نهاده‌ها و انرژی در تولید این محصول در منطقه مورد مطالعه شود.

واژه‌های کلیدی: بهینه‌سازی انرژی، تحلیل پوششی داده‌های استوار، کارایی

مقدمه

استفاده از انرژی و بکارگیری آن در بخش کشاورزی، اهمیت ویژه‌ای دارد زیرا قیمت تمام شده محصولات کشاورزی رابطه‌ی مستقیمی با نوع، مقدار و قیمت انرژی‌های مصرف شده دارد. بنابراین با کنترل و بهینه‌سازی انرژی صرف شده، می‌توان میزان تولید و قیمت محصول نهایی را مدیریت کرد (۱۶). از طرفی، استفاده مفید از منابع یکی از مهم‌ترین دارایی‌های تولید پاک و پایدار کشاورزی است (۳۴) که به منظور محقق شدن آن، روش‌های نوینی به منظور بررسی کارایی مصرف انرژی مصرفی و به تبع آن تشخیص و اندازه‌گیری عواملی که باعث ناکارایی می‌شود، پیشنهاد شده است (۲۰). یکی از این روش‌ها، تحلیل پوششی داده‌ها (Data Envelopment Analysis) است. این روش، ابزار کمکی برای تحلیل کارایی واحدهای تصمیم‌گیرنده بوده که به عنوان یک روش غیرپارامتری استفاده می‌شود (۲۷). در روش DEA، هر واحد یا سازمان، تحت بررسی واحد تصمیم گیرنده قرار می‌گیرد. در کشاورزی، یک واحد تصمیم‌گیرنده، ممکن است یک کشاورز، گلخانه‌دار، کارخانه تولیدکننده تراکتور و یا کشت و صنعت باشد (۲۳). در روش (DEA) از آمار ناپارامتریک استفاده می‌شود که قابلیت شناسایی خطاهای تصادفی را به طور مناسب ندارد و معمولا فرضیه‌های مربوط به خطاها

۱، ۲ و ۴- به‌ترتیب دانشجوی کارشناسی ارشد، استادیار و دانشیار گروه مهندسی ماشین‌های کشاورزی و مکانیزاسیون، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان
(*- نویسنده مسئول: Email: mtaki@asnrukh.ac.ir)
۳- استادیار گروه اقتصاد کشاورزی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان

DOI: 10.22067/JEAD.2021.68026.1008

از صحت کافی برخوردار نیستند. بنابراین از روش (RDEA)[1] در صورت وجود عدم قطعیت در تجزیه و تحلیل داده‌ها، استفاده می‌شود (۱۶). در روش RDEA، پارامترهای نامشخص متغیرهای تصادفی با توزیع‌های شناخته شده، مورد بررسی قرار نمی‌گیرند (۱۲). در مدل کلاسیک تحلیل پوششی داده‌ها، این فرض وجود دارد که اطلاعات دقیقی از ورودی‌ها و خروجی‌های واحدها وجود دارد. اما در کاربردهای واقعی، تعیین مقدار دقیق برای برخی ورودی‌ها و یا خروجی‌ها امکان‌پذیر نیست. همین مسئله باعث ترکیب مدل‌های تحلیل پوششی داده‌ها با انواع روش‌های عدم قطعیت شده است.

محققان روش‌های گوناگونی برای غلبه بر مسئله داده‌های نامطمئن در الگوی تحلیل پوششی داده‌ها پیشنهاد داده‌اند (۲، ۵ و ۳۳). از جمله می‌توان به روش تحلیل پوششی داده‌های بازه‌ای (IDEA)[2] اشاره کرد که در برخی مطالعات نتایج دقیق‌تری نسبت به الگوی متداول DEA ارائه کرده است. علی‌رغم این‌که در برخی مطالعات، الگوی IDEA نتایج بهتری را نسبت به DEA رقم زده است، یکی از عمده‌ترین معایب استفاده از روش IDEA، دشواری ارزیابی و تفسیر حدود بالا و پایین کارآیی است (۸). به‌منظور غلبه بر این مشکل، استفاده از روش‌های دیگری از جمله تحلیل پوششی داده‌های فازی (FDEA)[3] و تصادفی (SDEA)[4] نیز مورد توجه محققین قرار گرفت (۳۰). البته استفاده از این دو روش نیز تبعات خاص خود را به همراه دارد. از جمله می‌توان به مشکل اجبار در چشم‌پوشی اثرگذاری قسمتی از اطلاعات روی ضرایب عدم قطعیت در استفاده از روش‌های فازی اشاره نمود. این مشکل نیز با کاربرد روش تحلیل پوششی داده‌های بازه‌ای فازی با برش‌های α (FIDEA)[5] مرتفع گردیده است. در استفاده از روش‌های ترکیب شده تحلیل پوششی داده‌ها و برنامه‌ریزی تصادفی نیز مشکلاتی از جمله اجبار به معین بودن توزیع داده‌ها وجود دارد (۲۱). گونه دیگری از روش‌های تحلیل پوششی داده‌ها، روش تحلیل پوششی داده‌های استوار (RDEA[6]) است. از جمله محاسن این روش، گزارش پاسخ‌های بهینه نقطه‌ای برخلاف بازه‌ای بودن پاسخ‌های بهینه در روش IDEA ، عدم التزام به آگاهی از توزیع داده‌ها در روش SDEA و عدم چشم پوشی از اثرگذاری اطلاعات روی ضرایب عدم قطعیت (در هنگام ایجاد توابع عضویت فازی) به منظور غلبه بر مشکل موجود در روش FDEA است (۲۱).

در زمینه بهینه‌سازی جریان انرژی در محصولات کشاورزی، مطالعات متنوعی با استفاده از روش کلاسیک تحلیل پوششی داده‌ها در سال‌های اخیر صورت گرفته است و نتایج آن در مجلات پژوهشی مختلف به چاپ رسیده است (۴-۱). به کمک این روش و نتایج حاصل از آن، کشاورزان می‌توانند با اخذ رویکرهای مدیریتی متفاوت و یا استفاده صحیح از تکنولوژی باعث بالارفتن میزان کارایی انرژی و در نتیجه افزایش فایده اقتصادی شوند (۱).

در این راستا، یکی از محصولاتی که کم‌تر مورد بررسی قرار گرفته است، کیوی است. کیوی یکی از محصولات اصلی شمال کشور ایران است. میزان تولید سالانه کیوی در کل جهان یک میلیون و۴۰۰ هزارتن و ایران با تولید سالانه، ۲۹۴ هزار تن، رتبه سوم تولید کیوی در جهان را به خود اختصاص داده است (۱). استان مازندران با تولید حدود ۲۰۰ هزار تن، رتبه اول کشور را داراست. با توجه به سطح زیر کشت قابل توجه این محصول در استان مازندران (۶۵۰۰ هکتار)، مصرف انرژی بالا و ارزش اقتصادی برآورد شده معادل ۲۰۰ میلیارد تومان، (۱)، انجام مطالعاتی در خصوص بهینه‌سازی عملیات تولید این محصول از منظر انرژی و افزایش کاریی آن، ضروری به نظر می‌رسد. در این راستا تحقیقات صورت گرفته بیش‌تر در زمینه مدلسازی و بررسی جریان انرژی بودند. در تحقیقی (۲۵) با هدف مدل‌سازی انرژی در باغات کیوی با استفاده از شبکه عصبی مصنوعی[7] (ANN) و الگوریتم ژنتیک[8] (GA)، نشان دادند که بیش‌ترین مصرف انرژی مربوط به نهاده‌های الکتریسیته (۴۲ درصد) و کودهای شیمیایی (۲۵ درصد) است. محمدی و همکاران (۱۷)، در تحقیقی به بررسی جریان انرژی و تحلیل اقتصادی میوه کیوی در شمال ایران (آستارا) پرداختند. نتایج نشان داد که کودهای شیمیایی و سوخت دیزل به ترتیب با ۴۷ و ۲۸ درصد، بیش‌ترین سهم از کل انرژی مصرفی این محصول را تشکیل می‌دهند. همچنین سهم انواع انرژی‌های مستقیم بیش‌از دو برابر انواع غیرمستقیم در این محصول گزارش شد. در تحقیق دیگری به مدل‌سازی جریان انرژی و آلاینده‌های زیست محیطی در کشت محصول کیوی در استان مازندران پرداخته شد (۱۸). نتایج این تحقیق نشان داد که مدل شبکه عصبی قادر است میزان انرژی خروجی و آلاینده‌های زیست‌محیطی محصول کیوی را با دقت بالایی ($R^2=0.987$ و $R^2=0.992$) پیش‌بینی کند. منابع فوق صرفاً به بررسی و مدلسازی جریان انرژی در کشت کیوی پرداخته‌اند و اکثرا برداشت داده‌ها توسط پرسشنامه صورت گرفته است. لذا بر اساس نتیجه‌گیری کلی صورت گرفته یکی از بزرگ‌ترین مشکلات محققان، عدم قطعیت در داده‌های برداشت شده بوده است. این امر به دلیل عدم‌آگاهی و اطلاع کشاورزان، دانش اندک و یا اشتباهات ناشی از

1- Robust Data Envelopment Analysis
2- Interval Data Envelopment Analysis
3- Fuzzy Data Envelopment Analysis
4- Stochastic Data Envelopment Analysis
5- α-Cut Fuzzy Interval Data Envelopment Analysis
6- Robust Data Envelopment Analysis
7- Artificial Neural Network
8- Genetic Algorithm

داده‌برداری و همچنین موارد ذکر شده برای کاهش شدید اعتبار روش‌های معمول DEA غلط است. استفاده از روش RDEA با توجه به محاسن ذکر شده برای آن، مشکلات عمده سایر روش‌ها را قابل حل می‌نماید. با توجه به بررسی‌های صورت گرفته برای محصول کیوی، روش RDEA و FIDEA به منظور بررسی جریان انرژی و تعیین کارایی آن، تا به حال مورد استفاده قرار نگرفته است. بنابراین، با توجه به اهمیت انرژی و سطح زیر کشت این محصول در شمال کشور، در این تحقیق از سه روش DEA، RDEA و FIDEA به منظور بررسی و ارزیابی عملکرد تولیدکنندگان کیوی استان مازندران در زمینه مصرف انرژی استفاده خواهد شد. با استفاده از سه روش فوق، مشکل عدم قطعیت داده‌برداری رفع خواهد شد و نهایتا نتایج حاصل از آن‌ها به واقعیت‌های اجرایی و کاربردی نزدیک‌تر خواهد شد.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه

استان مازندران از لحاظ موقعیت جغرافیایی بین ۵۰ درجه و ۳۴ دقیقه تا ۵۴ درجه و ۱۰ دقیقه طول شرقی از نصف‌النهار گرینویچ و ۳۵ درجه و ۴۷ دقیقه تا ۳۶ درجه و ۳۵ دقیقه عرض شمالی نسبت به خط استوا در شمال کشور و در سواحل جنوبی دریای خزر قرار گرفته است. این استان به علت وضعیت آب و هوایی مناسب دارای پتانسیل بسیار بالا برای توسعه بخش‌های مختلف باغی و زراعی است. اطلاعات مورد نیاز این تحقیق از پنج شهرستان استان مازندران که بیش‌ترین میزان باغات کیوی را به خود اختصاص داده‌اند شامل: ساری، قائمشهر، بابل، نور و چالوس، در سال زراعی ۹۸-۹۷ جمع‌آوری شد. اطلاعات مورد نیاز این تحقیق، از باغ‌هایی که درختان آن در اواسط سن تولید اقتصادی محصول هستند (تقریبا ۱۰ ساله)، جمع‌آوری گردید. برای برآورد حجم نمونه از رابطه ۱ (فرمول کوکران) به شرح زیر استفاده شد (۴):

$$n = \frac{N(t.s)^2}{Nd^2 + (t.s)^2} \quad (1)$$

که در آن:

n = حجم نمونه

N = اندازه جامعه آماری

t = ضریب اطمینان قابل قبول که با فرض نرمال بودن توزیع صفت مورد نظر از جدول t استیودنت به دست می‌آید

S^2 = برآورد واریانس صفت مورد مطالعه d =دقت احتمالی مطلوب

در پارامترهای ذکر شده در بالا، به‌خاطر این‌که واریانس صفت مورد مطالعه (کشاورزان تولیدکننده کیوی با درختان میوه بالای ۱۰ سال عمر) در ابتدا مشخص نیست، بایستی از قبل یک بررسی آزمایشی در مقیاس کوچک برای پی بردن به نواقص احتمالی و برآورد تقریبی صفت مورد مطالعه در جامعه‌ای که قصد انتخاب نمونه از آن در پیش است، انجام داد. بدین منظور از بین جمعیت تولیدکنندگان مورد مطالعه، یک نمونه مناسب به‌طور تصادفی انتخاب و پرسش‌نامه‌هایی که از قبل طراحی شده بود، در بین آن‌ها توزیع و تکمیل شد. پس از تجزیه و تحلیل داده‌های نمونه‌گیری مقدماتی و به دست آوردن تقریبی آماره‌ها در صفت مورد مطالعه در جامعه مورد نظر، با داشتن مقدار پارامترها و قرار دادن آن‌ها در رابطه ۱، حجم نمونه‌گیری اصلی (۴۰ باغ کیوی) به‌دست آمد. برای نمونه‌گیری از روش نمونه‌گیری تصادفی ساده استفاده شد، زیرا آسان‌ترین و اصولی‌ترین روش برای نمونه‌گیری بوده و قابل تعمیم به کل جامعه است. دلیل دیگر انتخاب این روش نمونه‌گیری، هماهنگی و تطابق آن با روش اتخاذ شده توسط مرکز آمار ایران و سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی در آمارگیری کشور است. در این روش نمونه‌گیری که بصورت تصادفی بود، احتمال انتخاب در هر مرحله برای کلیه واحدهای جامعه یکسان است (۱۱). شایان ذکر است که ۵ شهرستان انتخاب شده به هیچ عنوان از نظر فنی برای تولید کیوی تفاوتی نداشته و انتخاب این ۵ شهرستان تنها به دلیل فراوانی تعداد باغات موجود در آن بود. بنابراین، هیچ تفکیک نمونه‌گیری برای آن وجود نداشته و بعبارت دیگر، از سایر روش‌ها مانند نمونه‌گیری طبقه‌ای استفاده نشده است.

انرژی‌های ورودی در تولید کیوی شامل انرژی مصرفی در عملیات و انرژی مصرف شده در تولید ماشین‌های کشاورزی، کود، سم، درخت، نیروی انسانی، سوخت مصرفی، آبیاری و ادوات کشاورزی می‌باشند. محاسبه انرژی مصرفی با استفاده از معادل انرژی مربوط به هر واحد از نهاده یا ستانده و ضرب آن در مقدار نهاده مصرف شده یا ستانده تولید شده، انجام شد (جدول ۱).

مدل تحلیل پوششی داده‌های استوار RDEA

الگوی بازده ثابت نسبت به مقیاس (CRS)[1]، یک الگوی برنامه‌ریزی خطی است که از آن برای محاسبه کارایی فنی واحدهای تصمیم‌ساز استفاده می‌گردد (۲۸). استفاده از این نوع الگوی تحلیل پوششی داده‌ها، زمانی مناسب است که واحدهای تصمیم‌گیرنده در مقیاس بهینه عمل کنند (۲۴). در صورتی که داده‌ها عدم قطعیت داشته باشند از روش RDEA استفاده می‌شود. فرم کلی مدل RDEA با توجه روش بهینه‌سازی استوار و تحلیل پوششی داده‌های بازه‌ای به صورت مدل غیر خطی زیر است (۱۴):

1- Constant Return to Scale

$$\begin{aligned}
&\max \theta_p = \sum_{r=1}^{s} u_r y_{rp}^{U} - z_p^{y}\gamma_p^{y} - \sum_{r=1}^{s} P_{rp},\\
&s.t \ \sum_{i=1}^{m} v_i x_{iP}^{L} + z_p^{y}\gamma_p^{x} - \sum_{r=1}^{m} q_{ip} = 1\\
&\sum_{r=1}^{s} u_r y_{rj}^{L} - \sum_{i=1}^{m} v_i x_{ij}^{U} + z_j\Gamma_j + \sum_{r=1}^{s} P_{rj} + \sum_{r=1}^{m} q_{ij} \le 0\\
&\forall j \ne p,\ \ z_j + p_{rj}^{y} \ge u_r\left(y_{rj}^{U} - y_{rj}^{L}\right),\ \ \forall r, j\\
&z_j + q_{ij}^{y} \ge v_i\left(x_{rj}^{U} - x_{rj}^{L}\right), \forall i, j\\
&\gamma_p^{x} + \gamma_p^{y} = \Gamma,\ \ \theta_P \le 1,\ \ v_i, u_r \ge \varepsilon,\\
&\forall i, r,\ z_j, q_{ij}, p_{rj} \ge 0,\ \ \forall i, j, r
\end{aligned} \qquad (۲)$$

که در آن z ، q و P نشان‌دهنده‌ی متغیرهای اضافی غیرمنفی، ε نمایانگر سطح عدم قطعیت معین و Γ پارامتر کنترل‌کننده میزان محافظه‌کاری است. همچنین، از دیگر متغیرهای این الگو $u \in R^{s\times 1}$ و $v \in R^{m\times 1}$ هستند. v_i و u_r به ترتیب مربوط به وزن‌های ورودی i و خروجی r هستند. توجه شود که بالانویس‌های U و L به ترتیب حدود بالا و پایین پارامترها و متغیرها می‌باشد. θ_p کارایی ناشی از برتری ورودی‌ها و خروجی‌های واحد تصمیم‌گیرنده p با بیشینه‌سازی تابع هدف در الگوی ۲ و با توجه به متغیرهای وزنی است. لازم به ذکر است که اگر $J_j^{x} = 0$ و $J_j^{y} = 0$ (متغیرهای کنترل میزان محافظه‌محافظه کاری به ترتیب مجموعه‌های مربوط به ارزش نهاده‌ها و ستاده‌های مبهم) باشند، متغیر z خاصیت خود را از دست داده که این امر به معنی یکسان بودن محدودیت‌های ۱ و ۲ بوده و خوشبینانه‌ترین حالت که یکسان بودن مدل‌های RDEA و DEA است، اتفاق می‌افتد.

جدول ۱- معادل نهاده‌ها و ستانده‌های انرژی در تولید محصولات کشاورزی

Table 1- Equivalent of energy inputs and outputs in agricultural productions

الف- نهاده های انرژی Energy inputs	واحد Units	انرژی به ازای هر واحد (MJ) Energy equivalent (MJ)	منبع Reference
۱- نیروی کارگری Human labor	ساعت h	1.96	10
۲-کودهای شیمیائی Chemical fertilizers			
پتاس (K_2O)	کیلوگرم kg	11.15	26
ازت (N)	کیلوگرم kg	47.1	22
سوپرفسفات تریپل (P_2O_5)	کیلوگرم kg	15.8	7
۳- سموم شیمیائی Poisons			9
حشره‌کش Insecticide	کیلوگرم kg	101.2	9
علف‌کش Herbicide	کیلوگرم kg	238	9
۴- ماشین‌های کشاورزی Machinery	کیلوگرم kg	67.2	10
۵-بذر Seed	کیلوگرم kg	1	10
۶- سوخت دیزل Diesel fuel	لیتر lit	56.31	9
۷- الکتریسیته Electricity	کیلووات ساعت kWh	11.93	9
۸- آب آبیاری Irrigation	مترمکعب m^3	1.02	10
۹- عملکرد Yield	کیلوگرم kg	0.8	19

در مقابل، اگر $J_j^x = \left|J_j^x\right|$ و $J_j^y = \left|J_j^y\right|$ باشند (برابری مقدار متغیرها با تعداد کل پارامترهای نامطمئن)، آنگاه γ_j^y و γ_j^x بیش‌ترین تأثیر را بر محدودیت‌های خود داشته و در نتیجه بدبینانه‌ترین حالت ممکن برای واحد مورد بررسی اتفاق خواهد افتاد. بنابراین، با تغییر Γ که مجموع دو متغیر γ_j^x و γ_j^y بوده و در نتیجه سطوح مختلف این دو متغیر، می‌توان یک دامنه منعطف از سطوح محافظه‌کاری در مدل RDEA را در مقابل سطوح متفاوت حفاظت از پاسخ‌های بهینه، تجربه نمود (۱۳).

پارامتر Γ می‌تواند مقادیر متفاوتی اختیار نماید که این مقادیر به احتمال انحراف محدودیت i ام از کران خود (p) و همچنین به تعداد پارامترهای نامطمئن (n) در محدودیت مورد نظر، بستگی دارد. با جایگذاری جواب بهینه‌ی x^* در معادله فوق، احتمال انحراف محدودیت i ام از کران خود، به صورت رابطه‌ی زیر تعریف می‌شود (۱۶):

$$pr\left(\sum_j \tilde{a}_{ij} x^*{}_j > b_i\right) \le B(n,\Gamma_i) \qquad (۳)$$

برای محاسبه‌ی Γ، یک سطح مطلوب احتمال انحراف محدودیت i از کران آن محدودیت در نظرگرفته شد و با توجه به تعداد پارامترهای نامطمئن (n) در آن محدودیت، مقدار Γ محاسبه گردید.

مدل FIDEA

برای ارئه مدل FIDEA فرض بر این است که $\tilde{x}_{ij}$ و $\tilde{y}_{ij}$ اعداد فازی باشند. با استفاده از مفهوم α - برش مدل FIDEA به دو مدل برنامه‌ریزی‌خطی زیر تبدیل می‌گردد (۱۶):

حداقل تعداد واحدهای تصمیم‌گیری مورد مطالعه برای بالا بردن قابلیت اطمینان و اعتماد به نتایج حاصل از مدل تحلیل پوششی داده‌ها از رابطه‌ی زیر محاسبه شد (۳۲):

(۴) تعداد واحدهای تصمیم گیرنده ≥ ۳ (I+O)

در رابطه فوق، I تعداد نهاده‌ها و O تعداد ستانده‌هاست. در تحقیق حاضر شش نهاده‌ی تولید یعنی انرژی مربوط به ماشین‌های کشاورزی، انرژی سوخت مصرفی، انرژی درخت،کود و سموم شیمیایی، انرژی کارگری، انرژی آب مصرفی و انرژی ادوات کشاورزی به عنوان نهاده و انرژی محصول (عملکرد) به عنوان ستانده در نظر گرفته شد. بنابراین حداقل تعداد واحدهای تصمیم‌گیری برای تجزیه و تحلیل برابر است با:

(۵) تعداد واحدهای تصمیم گیری =۳(۷+۱) = ۲۴

در این پژوهش، داده‌ها پس از تبدیل به صورت انرژی، توسط نرم افزار MATLAB مورد بررسی و آنالیز قرار گرفت. رابطه‌ی بین کارایی فنی (E_{CCR})، کارایی فنی خالص (E_{BCC}) و کارایی مقیاس (E_S) به‌صورت زیر تعریف شده است (۶):

$$E_s = E_{CCR} / E_{BCC} \qquad (۶)$$

مقدار کارایی مقیاس بیش از یک نخواهد بود. کارایی مدل CRS کارایی فنی کل نامیده می‌شود، زیرا تحت تاثیر مقیاس و اندازه نیست. از طرف دیگر VRS، کارایی فنی خالص را تحت بازده به مقیاس متغیر نشان می‌دهد. رابطه‌ی بالا، تجزیه کارایی را نشان می‌دهد که این رابطه منابع کارایی را به نمایش می‌گذارد. یعنی مشخص می‌کند که ناکارایی به علت ناکارایی مدیریتی است یا ناشی از شرایطی است که کارایی مقیاس را نشان می‌دهد و یا از هر دو عامل متاثر می‌گردد (۳۲). نتایج نهایی این تحقیق برای کشاورزان قابل استفاده خواهد بود و تمامی نهاده‌های مورد استفاده را از لحاظ مازاد و کمبود انرژی مورد بررسی قرار می‌دهد. از طرفی با استفاده از مدل‌های توضیح داده شده، می‌توان عدم قطعیت داده‌های برداشت شده را جبران و نتایج را به واقعیت نزدیک‌تر نمود و مشکل عمده‌ای که در سایر تحقیقات همیشه دیده می‌شود را برطرف کرد.

نتایج و بحث

جدول ۲، میانگین و پراکندگی انرژی‌های ورودی و خروجی در کشت محصول کیوی را نشان می‌دهد. متوسط انرژی تولیدی محصول کیوی ۵۹۴۲۳/۸ مگاژول بر هکتار با درصد ضریب تغییرات۲۰٪ می‌باشد و متوسط انرژی مصرفی مجموع نهاده‌ها ۳۵۰۲۱/۶ مگاژول بر هکتار است. بیش‌ترین سهم انرژی مصرفی به ترتیب متعلق به نهاده ماشین‌ها (۳۰/۵٪)، کودهای شیمیایی (۲۱/۵٪)، سوخت (۱۵/۲٪)، سموم شیمیایی (۱۴/۱٪) و الکتریسیته (۱۲/۸٪) می‌باشد و کم‌ترین انرژی مصرفی مربوط به نهاده‌های درخت (۰/۱٪) و نیروی کار (۵/۸٪) است. با توجه به نتایج آماره ضریب تغییرات، بیش‌ترین میزان پراکندگی در میان انرژی‌های ورودی به ترتیب متعلق به نهاده‌های کودهای شیمیایی، الکتریسیته، سموم شیمیایی و ماشین‌های کشاورزی است. در تحقیقی مشابه، جریان انرژی مصرفی در محصول کیوی مورد بررسی قرار گرفت (۱۸). نتایج نشان داد که میانگین انرژی ورودی و خروجی به ترتیب ۳۷/۳۲ و ۴۳/۴۴ گیگاژول بر هکتار است و نهاده کود شیمیایی بیش‌ترین میزان مصرف را به خود اختصاص داده است. همچنین در تحقیق دیگری، میزان انرژی مصرفی در کشت کیوی (منطقه آستارا) معادل با ۳۰/۲ گیگاژول بر هکتار گزارش شد (۱۷). نتایج این تحقیق نشان داد که بیش از ۲۸٪ از کل انرژی ورودی را نهاده ماشین‌های کشاورزی به خود اختصاص داده است.

جدول ۳، نتایج کارایی فنی و فنی خالص در سطح عدم اطمینان

نسبت به داده‌های قطعی۳۰٪ و سطوح احتمال انحراف هر محدودیت از کران خود به میزان ۱۰٪، ۵۰٪ و ۱۰۰٪ را در مدل RDEA نشان می‌دهد. در جدول مذکور در سطح احتمال ۱۰۰٪، نتایج کارایی‌های الگوی RDEA با الگوی DEA برابر است. دلیل این امر صفر بودن مقادیر پارامتر کنترل‌کننده میزان محافظه‌کاری در سطح احتمال۱۰۰٪ می‌باشد. بیش‌ترین سطح محافظه‌کاری در مقابل داده‌های نامطمئن در سطح p=10% و کم‌ترین آن در سطح p=100% است. نتایج این جدول نشان می‌دهد که با افزایش سطح احتمال انحراف هر محدودیت از کران خود از ۱۰٪ به ۱۰۰٪ (کاهش عدم قطعیت) به ازای سطح ثابت عدم اطمینان معین، میانگین و حداقل مقادیر محاسبه شده کارایی افزایش و پراکندگی نتایج کاهش می‌یابد. حداکثر مقادیر کارایی فنی و فنی خالص در تمام سطوح احتمال۱۰۰٪ می‌باشد و بیان‌گر این است که برخی از واحدهای زراعی به صورت کاملاً کارا عمل نموده‌اند. در سطح احتمال۵۰٪، میانگین کارایی فنی و کارایی فنی خالص به ترتیب ۹۶٪ و ۹۸٪ است و می‌توان به ترتیب با کاهش ۴ و ۲ درصد مصرف نهاده‌ها، بدون کاهش تولید، به کارایی کامل دست یافت. مقادیر بالای کارایی فنی و فنی خالص نشان‌دهنده توانایی و مهارت بالای کشاورزان در تولید محصول کیوی در استان مازندران است. شکاف میان کم‌ترین و بیش‌ترین کارایی فنی و فنی خالص در سطح احتمال۱۰٪ بیان می‌سازد که پتانسیل بالایی جهت بهبود کارایی و رسیدن به مرز کارا، بدون تغییر در تولید، میان بهره‌برداران وجود دارد؛ به‌طوری‌که می‌توان با صرفه‌جویی در مصرف نهاده‌ها، کارایی فنی را به میزان۶۱٪ و با افزایش دانش فنی تولیدکنندگان و مدیریت در استفاده از نهاده‌ها، کارایی فنی خالص را به میزان۴۰٪ افزایش داد. در تحقیقی مشابه، میزان کارایی انرژی در کشت گندم شهرستان نیشابور توسط مدل DEA و RDEA مورد بررسی قرار گرفت (۱۵). نتایج نشان داد که میانگین کارایی فنی خالص در تمام سطوح انحراف هر محدودیت از کران خود بالاتر از میانگین کارآیی فنی بوده که نشان دهنده قابلیت و مهارت زیاد کشاورزان مزارع نمونه شهرستان نیشابور در تولید گندم است. در تحقیق دیگری از مدل RDEA به منظور بررسی کارآیی انرژی واحدهای مرغداری گوشتی استان خوزستان استفاده شد (۱۹). نتایج نشان داد که میانگین کارایی فنی کل مرغداری‌ها در مدل RDEA در سه سطح احتمال ۱۰، ۵۰ و ۱۰۰ درصد به ترتیب ۸۸٪، ۹۱٪ و ۹۳٪ است.

جدول ۴ نتایج کارایی فنی در سطح احتمال ۰/۵ و سطوح عدم اطمینان ۰/۱، ۰/۲ و ۰/۳ را نشان می‌دهد.

جدول ۲- توصیف آماری انرژی‌های ورودی و خروجی (مگاژول بر هکتار)

Table 2- Statistical description of input and output energies ($MJha^{-1}$)

پارامترها Parameters	میانگین Average	ضریب تغییرات Coefficient of variation	انحراف معیار Standard deviation
عملکرد کل Total yield	59423.8	0.2	11354.4
انرژی خروجی کل Total output energy	59423.8	–	–
ماشین‌های کشاورزی Machinery	10678.6	1	11059.8
نیروی کارگری Human labor	2033.7	0.7	1435.4
سموم شیمیایی Poisons	4934.8	1	4877.9
کودهای شیمیایی Chemical fertilizers	7530.5	1.5	11610.9
درخت Tree	21.5	0.8	17.3
الکتریسیته Electricity	4499.4	1.3	5820.8
سوخت Diesel fuel	5323.1	0.6	3196.4
انرژی ورودی کل Total input energy	35021.6	–	–

جدول ۳- کارایی فنی و فنی خالص مدل RDEA در سطح عدم اطمینان ۳۰٪ و سطوح احتمال ۱۰٪، ۵۰٪ و ۱۰۰٪

Table 3- The results of constant and variable return to scale efficiency in RDEA model at 30% uncertainty level and 10%, 50% and 100% probability levels

انواع کارایی Types of efficiency	انحراف معیار Standard deviation	حداکثر Maximum	حداقل Minimum	میانگین Average
p=100% (DEA)				
کارایی فنی CRS	0.07	1	0.64	0.98
کارایی فنی خالص VRS	0.04	1	0.81	0.99
p=50% (RDEA)				
کارایی فنی CRS	0.12	1	0.52	0.96
کارایی فنی خالص VRS	0.07	1	0.7	0.98
p=10% (RDEA)				
کارایی فنی CRS	0.17	1	0.39	0.93
کارایی فنی خالص VRS	0.11	1	0.6	0.95

جدول ۴- نتایج کارایی فنی مدل RDEA در سطح احتمال ۰/۵ و سطوح عدم اطمینان ۰/۱، ۰/۲ و ۰/۳

Table 4- The results of CRS efficiency of RDEA model at probability level of 0.5 and uncertainty levels of 0.1, 0.2 and 0.3

طبقه کارایی Efficiency level	کل Total	۱ 1	۰/۹-۱ 0.9-1	۰/۸-۰/۹ 0.8-0.9	۰/۷-۰/۸ 0.7-0.8	۰/۶-۰/۷ 0.6-0.7	<۰/۶ <0.6
e=0.3							
میانگین Average	0.95	1	0.93	0.82	–	0.65	0.49
تعداد مشاهدات Number of observations	40	33	2	1	–	2	2
انحراف معیار Standard deviation	0.14	–	0.4	–	–	0.07	0.01
e=0.2							
میانگین Average	0.95	1	0.93	0.82	–	0.65	0.49
تعداد مشاهدات Number of observations	40	33	2	1	–	2	2
انحراف معیار Standard deviation	0.14	–	0.04	–	–	0.07	0.01
e=0.1							
میانگین Average	0.94	1	–	0.84	0.71	0.63	0.48
تعداد مشاهدات Number of observations	40	33	–	2	1	1	3
انحراف معیار Standard deviation	0.15	–	–	0.002	–	–	0.05

نتایج جدول ۴ نشان می‌دهد که درصد فراوانی واحدهای کارا در تمام سطوح عدم اطمینان ۸۲/۵٪ است و ۱۷/۵٪ باقیمانده واحدهای ناکارا می‌باشند. در این راستا واحدهای ناکارا با الگو قراردادن واحدهای کارا و بهره‌گیری از تجربیات آن‌ها و استفاده‌ی مطلوب‌تر از تکنولوژی فعلی، می‌توانند باعث افزایش کارایی شوند. میانگین کارایی فنی، تقریبا در تمامی سطوح عدم اطمینان ۰/۹۵ می‌باشد؛ در این صورت بهره‌برداران می‌توانند با استفاده از ۹۵ درصد نهاده‌ها، بدون کاهش در تولید، به مرز کارایی تولید دست یابند و با افزایش کارایی، ۵٪ مصرف

نهاده‌ها را ذخیره نمایند. واحدی (۳۱) از روش تحلیل پوششی داده‌ها به‌منظور مطالعه کارایی انرژی مصرفی واحدهای مرغ گوشتی استان البرز استفاده نمود. در این تحقیق در مدل بازگشت به مقیاس ثابت، از ۳۶ واحد مرغداری مورد بررسی، ۸ مرغداری (۲۲/۲۲٪) دارای امتیاز کارا و ۲۸ مرغداری (۷۷/۷۸٪) دارای امتیاز ناکارا بوده‌اند. همچنین در مدل بازگشت به مقیاس متغیر، ۲۰ واحد (۵۵/۵۶٪) کارا و ۱۶ واحد (۴۴/۴۴٪) ناکارا بوده‌اند. میانگین کارایی فنی و فنی خالص به ترتیب ۰/۹۵۲ و ۰/۹۸۷ به‌دست آمد.

جدول۵ نتایج کارایی فنی کشاورزان مورد مطالعه را در مدل FIDEA در سطوح مختلف α (برش‌های ۰، ۰/۴، ۰/۸ و ۱) نشان می‌دهد. رویکرد α، کارایی را در دو حد پایین و بالا محاسبه می‌کند که نشان می‌دهد چنانچه واحدهای تحت بررسی، از نهاده‌های مصرفی به صورت بهینه و غیربهینه استفاده کنند، کارایی آن‌ها به ترتیب برابر با حد بالا و پایین کارایی خواهد بود. به عبارت دیگر، حد پایین و بالا به ترتیب کارایی بالفعل و بالقوه را نشان می‌دهند (۲۹). در سطح $\alpha=0$ میانگین کارایی فنی در بازه (۰/۹، ۰/۷) قرار دارد و به این معنی است در صورتی که در بدبینانه‌ترین حالت، میانگین کارایی برابر با ۷۰٪ و در خوشبینانه‌ترین حالت میانگین کارایی ۹۰٪ را دارند. باید توجه کرد که این اعداد بیانگر توانمندی و دانش فنی مناسب کشاورزان مورد مطالعه در تولید محصول کیوی است. در مقدار $\alpha=0.4$ میانگین کارایی حد پایین و بالا به ترتیب برابر ۰/۸ و ۰/۹ است و بیان می‌کند چنانچه اطمینان از صحت داده‌های مورد مطالعه ۴۰ درصد باشد، میانگین کارایی آن‌ها بین ۰/۸ و ۰/۹ در نوسان است. مطابق نتایج مشاهده می‌گردد که با تخصیص بهینه‌تر منابع که همراه با افزایش سطح α می‌باشد، کارایی نیز افزایش می‌یابد؛ به طوری که در سطح $\alpha=1$ میانگین کارایی حد پایین و بالا می‌تواند تا ۹۲٪ افزایش یابد. به علاوه در این سطح از برش α، ۷۵٪ کشاورزان کاملاً کارا عمل نموده‌اند (کارایی حد بالا و پایین آن‌ها برابر یک است).

نتایج حاصل از جدول ۵ نشان می‌دهد که ۱۲/۵٪ کشاورزان در سطح $\alpha=0$، ۳۷/۵٪ در سطح $\alpha=0.4$ و ۷۲/۵٪ در سطح $\alpha=0.8$، دارای کارایی حد پایین بیش از ۰/۹ و کارایی حد بالا ۱ می‌باشند. در تحقیقی مشابه، مردانی و همکاران (۱۹) با استفاده از تحلیل پوششی داده‌های فازی بازه‌ای و استوار، کارایی واحدهای پرورش مرغ گوشتی استان خوزستان را تعیین نمودند. نتایج نشان داد که چنانچه سطح پارامتر α افزایش یابد، میانگین کارایی انرژی تولید کنندگان افزایش می‌یابد.

شکل ۱ درصد کاهش مقادیر واقعی مصرف انرژی نسبت به مقادیر بهینه در سطح عدم اطمینان۲۰٪ و سطوح احتمال ۱۰٪، ۵۰٪ و ۱۰۰٪ را بیان می‌نماید. این شکل نشان می‌دهد که ناکاراترین نهاده از نظر مصرف انرژی توسط تولید کنندگان کیوی، سموم شیمیایی است؛ به طوری که با رعایت اصول مدیریتی در استفاده بهینه از این منبع تولید می‌توان بین ۲۰/۶ تا ۳۵ درصد (بسته به میزان محافظت سیستم در مقابل عدم حتمیت در سطوح مختلف احتمال انحراف از محدودیت) در مصرف انرژی صرفه‌جویی کرد.

نتایج شکل ۱ نشان می‌دهد که با افزایش عدم حتمیت و حفاظت الگو در برابر داده‌های غیردقیق (کاهش سطح احتمال)، میزان انرژی قابل صرفه‌جویی توسط بهره‌برداران افزایش می‌یابد. به عنوان نمونه و با توجه به شکل ۱، در $p=100\%$ می‌توان با ۵٪ صرفه‌جویی در انرژی مصرفی نهاده ماشین‌های کشاورزی، به سطح کارا دست یافت در حالی که در $p=10\%$ می‌توان با ۱۹٪ صرفه‌جویی در انرژی مصرفی به سطح کارای مصرف انرژی این نهاده رسید و علاوه بر ذخیره انرژی، هزینه‌های تولید را کاهش داد. این مهم را می‌توان اینگونه تفسیر کرد که اگر تصمیم‌گیرندگان حوزه انرژی به این نتیجه برسند که ممکن است داده‌های ورودی و خروجی در این مطالعه از نوسان زیادی برخوردار باشد، برای ایجاد حاشیه اطمینان در استفاده از نتایج می‌بایست از سطوح محافظه‌کاری بالاتر استفاده کنند. کم‌ترین میزان صرفه‌جویی انرژی مختص نهاده‌های کودهای شیمیایی و الکتریسیته می‌باشد؛ به طوری که در سطح احتمال ۵۰٪ به ترتیب با کاهش ۳/۶ و ۳/۹ درصد مصرف انرژی می‌توان به سطح بهینه مصرف این نهاده‌ها دست یافت.

بنائیان و همکاران (۳) از روش تحلیل پوششی داده‌ها (DEA) در کشت محصول گردو استفاده کردند. در این تحقیق نهاده‌های سموم و کود شیمیایی مستعد بیش‌ترین مقدار صرفه‌جویی بودند. همچنین در تحقیق مردانی و ضیایی (۱۵)، نهاده‌های آفت‌کش و سطح زیر کشت در مدل RDEA بیش‌ترین میزان قابلیت بهبود را از خود نشان دادند. نتایج این تحقیق نشان داد که الگوی RDEA یک الگوی منعطف و قدرتمند در تحلیل پوششی داده‌های غیردقیق است. البته نقطه ضعفی که در این مدل نمایان است، پیچیدگی محاسباتی و افزایش تعداد محدودیت‌های مدل RDEA نسبت به مدل DEA متداول است. البته این ضعف با وجود یارانه‌های قدرتمند کنونی و همچنین وجود الگوریتم‌های متعدد و کاربردی محل مسائل بهینه‌سازی غیرخطی در نرم‌افزارهایی نظیر GAMS قابل اغماض بوده و از لحاظ تکنیکی مشکل قابل ملاحظه‌ای به شمار نمی‌آید.

نتیجه‌گیری و پیشنهادها

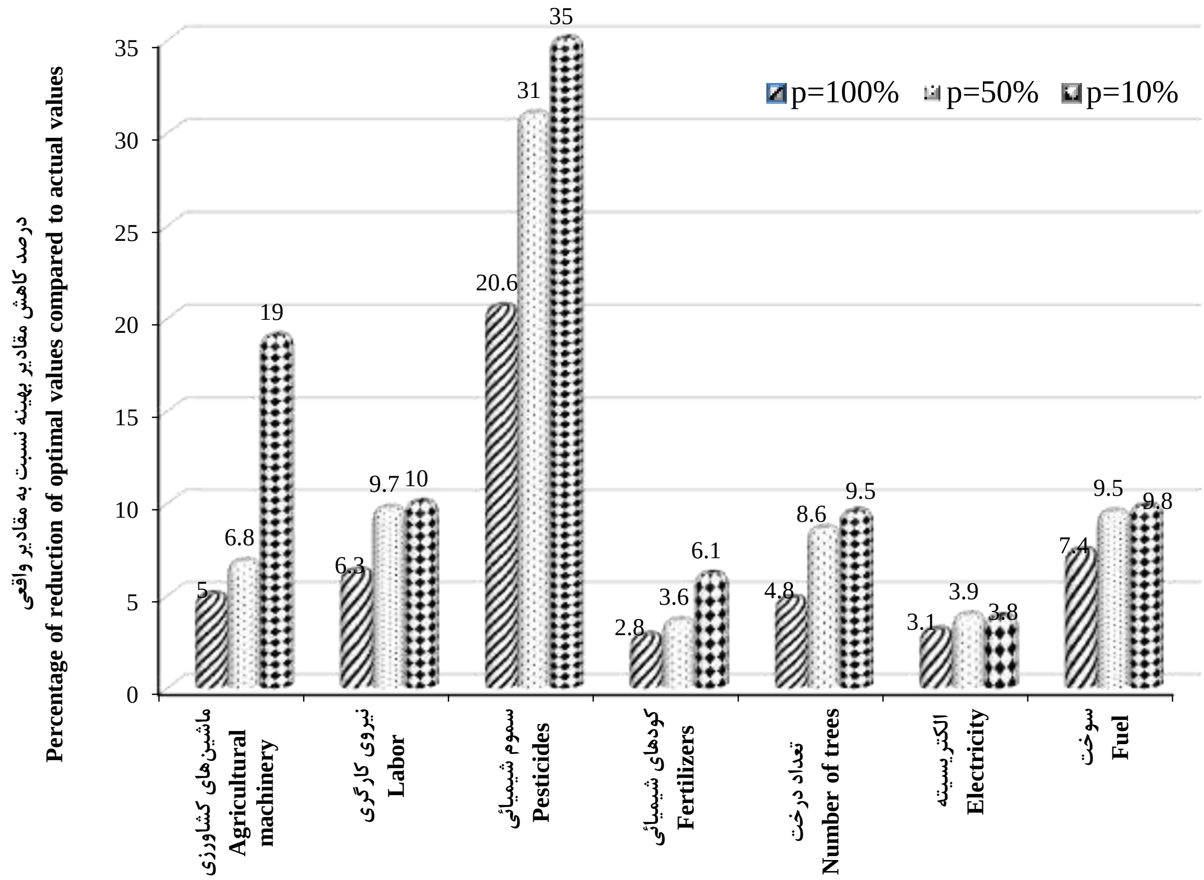
در این مطالعه با استفاده از سه روش DEA، RDEA و FIDEA به بررسی ارزیابی عملکرد کیوی کاران استان مازندران در زمینه مصرف انرژی پرداخته شد. با توجه به نتایج، متوسط انرژی تولیدی محصول کیوی ۵۹۴۲۳/۸ مگاژول بر هکتار و متوسط انرژی مصرفی مجموع نهاده‌ها ۳۵۰۲۱/۶ مگاژول بر هکتار محاسبه شد. در سطح احتمال۵۰٪ و سطح عدم اطمینان۳۰٪، میانگین کارایی فنی و کارایی

فنی خالص به ترتیب ۹۶٪ و ۹۸٪ است. یعنی اگر تولیدکنندگان کیوی در استان مازندران بدون تغییر در مقدار تولید، به طور میانگین استفاده از نهاده‌های خود را ۴٪ کاهش دهند، بـه مـرز کـارایی تولیـد می‌رسند و اگر ۲٪ مصرف نهاده‌هایشان را صرفه‌جویی کنند، افزون بر قرار گرفتن روی مرز کارایی، به تولید در مقیاس بهینه نیز دست خواهند یافت. در این راستا پیشنهاد مـی‌گـردد میـزان اسـتفاده از هـر نهاده برای واحدهای ناکارا به صورت برنامـه‌هـای مـنظم سـالیانه در اختیار آن‌ها قرار گیرد تا علاوه بـر رسـیدن بـه مـرز کـارایی مصـرف انرژی، از هزینه‌های آن‌ها نیز کاسته شود.

جدول ۵- نتایج کارایی در مدل FIDEA در سطوح مختلف α (برش‌های ۰، ۰/۴، ۰/۸ و ۱)

Table 5- The results of FIDEA model at different levels of α (0, 0.4, 0.8 and 1)

شماره کشاورز Farmer number	حد پایین Low level	حد بالا Upper level	حد پایین Low level	حد بالا Upper level	حد پایین Low level	حد بالا Upper level	حد پایین Low level	حد بالا Upper level
	α=1		α=0.8		α=0.4		α=0	
1	1	1	0.961	1	0.887	1	0.821	1
2	1	1	0.963	1	0.894	1	0.83	1
3	1	1	0.954	1	0.868	1	0.791	1
4	1	1	0.964	1	0.897	1	0.834	1
5	1	1	0.955	1	0.87	1	0.79	1
6	1	1	0.967	1	0.906	1	0.849	1
7	1	1	0.955	1	0.871	1	0.793	1
8	1	1	0.967	1	0.904	1	0.846	1
9	1	1	0.968	1	.908	1	0.851	1
10	1	1	0.974	1	0.923	1	0.876	1
11	1	1	0.977	1	0.934	1	0.893	1
12	0.944	0.944	0.908	0.943	0.842	0.942	0.781	0.94
13	1	1	0.971	1	0.916	1	0.864	1
14	1	1	0.951	1	0.862	1	0.782	1
15	1	1	0.96	1	0.883	1	0.812	1
16	1	1	0.957	1	0.876	1	0.801	1
17	1	1	0.98	1	0.941	1	0.902	1
18	1	1	0.958	1	0.877	1	0.801	1
19	1	1	0.96	1	0.885	1	0.814	1
20	1	1	0.985	1	0.952	1	0.915	1
21	1	1	0.969	0.997	0.894	0.975	0.825	0.954
22	0.997	0.997	0.948	0.993	0.856	0.985	0.773	0.986
23	1	1	0.967	1	0.904	1	0.845	1
24	0.471	0.471	0.457	0.472	0.43	0.475	0.404	0.478
25	0.573	0.573	0.546	0.578	0.494	0.583	0.446	0.589
26	0.738	0.738	0.719	0.734	0.681	0.727	0.645	0.719
27	1	1	0.969	1	0.91	1	0.853	1
28	0.784	0.784	0.754	0.771	0.698	0.746	0.647	0.722
29	1	1	0.951	1	0.866	1	0.794	1
30	1	1	0.966	1	0.901	1	0.841	1
31	1	1	0.955	1	0.873	1	0.798	1
32	1	1	.98	1	0.94	1	0.9	1
33	1	1	0.957	1	0.877	1	0.804	1
34	0.394	0.394	0.375	0.397	0.339	0.404	0.306	0.41
35	1	1	0.988	1	0.963	1	0.938	1
36	0.468	0.468	0.45	0.47	0.416	0.476	0.386	0.482
37	1	1	0.975	1	0.926	1	0.879	1
38	0.608	0.608	0.585	0.601	0.543	0.587	0.504	0.575
39	0.927	0.927	0.902	0.928	0.852	0.928	0.804	0.926
40	1	1	0.984	1	0.952	1	0.92	1
Average	0.923	0.923	0.891	0.922	0.83	0.921	0.774	0.92
Standard deviation	0.172	0.172	0.167	0.172	0.159	0.171	0.153	0.172



شکل ۱- درصد کاهش مقادیر واقعی نسبت به مقادیر بهینه مصرف انرژی نهاده‌ها در سطح عدم اطمینان ۲۰٪ و سطوح احتمال ۱۰٪، ۵۰٪ و ۱۰۰٪

Figure 1- Percentage reduction of real values vs optimal values of input energies at uncertainty level of 20% and probability levels of 10%, 50% and 100%

مطابق نتایج کارایی فنی در مدل FIDEA مشاهده می‌گردد که با تخصیص بهینه‌تر منابع که همراه با افزایش سطح α از ۰ به ۰/۴، ۰/۸ و ۱ می‌باشد، کارایی انرژی نیز افزایش می‌یابد؛ به طوری که در سطح α=1 میانگین کارایی حد پایین و بالا می‌تواند تا ۹۲٪ افزایش یابد. به علاوه در این سطح از برش α، ۷۵٪ کشاورزان کاملاً کارا عمل نموده‌اند. این موضوع نشان می‌دهد که با بهبود مدیریت و کاربرد بهینه‌تر نهاده‌ها و برنامه‌ریزی مناسب‌تر توسط این واحدها، امکان افزایش بازدهی تولید و کارایی با یک میزان مصرف انرژی وجود دارد. بنابراین برگزاری دوره‌های آموزشی در زمینه کاربرد درست و بهینه‌ی سموم شیمیایی از جمله زمان و روش پاشش، ادوات مورد استفاده، دقت پاشش و نوع سم، می‌توانند سبب بهبود عملیات سم‌پاشی و افزایش کارایی واحدهای تولید کننده کیوی در این منطقه شود.

سپاسگزاری

بدین‌وسیله از معاونت پژوهش و فناوری دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان به دلیل مساعدت‌های مالی در اجرای این تحقیق که بخشی از پایان‌نامه کارشناسی ارشد رشته مهندسی مکانیزاسیون کشاورزی-گرایش انرژی است، کمال تشکر و قدردانی می‌شود.

منابع

1- Anonymous, Agricultural Jihad Organization, Deputy for Horticultural Affairs, 2000. Available at http://horticulture.maj.ir.
2- Babaei M., Paknezhad H., Mardani M., and Salarpour M. 2013. Investigating the efficiency of Jahrom district

crops using interval data envelopment analysis, Journal of Operational Research and Its Applications (Journal of Applied Mathematics) 9(4): 43-53.
3- Banaeian N., Zangeneh M., and Omid M. 2010. Energy use efficiency for walnut producers using Data Envelopment Analysis (DEA), Australian Journal of Crop Science 4(5): 359-362.
4- Bolandnazar E., Rohani A., and Taki M. 2020. Energy consumption forecasting in agriculture by artificial intelligence and mathematical models, Energy Sources, Part A: Recovery, Utilization, and Environmental Effects 42(13): 1618-1632.
5- Despotis D.K., Maragos E.K., and Smirlis Y.G. 2006. Data envelopment analysis with missing values: An interval DEA approach, European Journal of Operational Research 140: 24–36.
6- Emami Meybodi A. 2000. Principles of measuring efficiency and productivity Publications of the Institute of Business Studies and Research. (In Persian)
7- Ghasemi Vernamkhasti M., Hashemi A., and Hashemi M. 2014. Investigation of energy indicators and optimization of its consumption in peach production Case study: Saman city in Chaharmahal and Bakhtiari province, Agricultural Machinery 5(1): 206-216. (In Persian)
8- Guo P., and Tanaka H. 2001. Fuzzy DEA: A perceptual evaluation method, Fuzzy Sets and Systems 119: 149–160.
9- Kitani O. 1999. Energy and Biomass Engineering. In "CIGR Handbook of Agricultural Engineering 5: 330. St. Joseph, MI: ASAE.
10- Mandal K.G., Saha K.P., Gosh P.L., Hati K.M., and Bandyopadhyay K.K. 2002. Bioenergy and economic analysis of soybean-based crop production systems in central India, Biomass Bioenergy 23: 337-345.
11- Mansoorian N. 2005. Study of energy efficiency in agriculture of Iran (Case study of Khorasan province). P. 1-11. Proceedings of the 5th Biennial Conference on Agricultural Economics of Iran, 7-9 Sep. 2005. Sistan and Baluchestan- Zahedan University, Iran.
12- Mardani A., Zavadskas E.K., Streimikiene D., Jusoh A., and Khoshnoudi M. 2017. A comprehensive review of data envelopment analysis (DEA) approach in energy efficiency, Renewable and Sustainable Energy Reviews 70: 1298-1322.
13- Mardani M., Abdeshahi A., Ghorbani M.R., and Zabari Y. 2019. Evaluation of the ability of analysis models of interval fuzzy data and stable in determining the efficiency of broiler breeding units in Khuzestan province, Journal of Agricultural Economics 13(3): 56-29. (In Persian with English abstract)
14- Mardani M., and Salarpour M. 2015. Measuring technical efficiency of potato production in Iran using robust data envelopment analysis, Information Processing in Agriculture 2(1): 6-14.
15- Mardani M., and Ziaee S. 2016. Determining the efficiency of irrigated wheat fields in Neishabour city under uncertainty, Journal of Agricultural Economics and Development 3(2): 147-136. (In Persian)
16- Mardani Najafabadi M., and Taki M. 2020. Robust data envelopment analysis with Monte Carlo simulation model for optimization the energy consumption in agriculture. Energy Sources Part A; Recovery, Utilization and Environmental Effects. ttps://doi.org/10.1080/15567036.2020.1777221.
17- Mohammadi A., Rafiee S., Mohtasebi S., and Rafiee H. 2010. Energy inputs–yield relationship and cost analysis of kiwifruit production in Iran, Renewable Energy 35(5): 1071-1075.
18- Nabavi-Plesaraei A., Rafiee S., Hosseinzadeh-Bandbafha H., and Shamshirband S. 2016. Modeling energy consumption and greenhouse gas emissions for kiwifruit production using artificial neural networks, Journal of Cleaner Production 133: 924-931.
19- Ozkan B., Akcaoz H., and Fert C. 2004. Energy input-output analysis in Turkish agriculture, Renewable Energy 29: 39-51.
20- Ozkan B., Akcaoz H., and Karadeniz F. 2004. Energy requirement and economic analysis of citrus production in Turkey, Energy Conversion and Management 45(11-12): 1821-1830.
21- Pergola M., D'Amico M., Celano G., Palese A., Scuderi A., Vita G., and Inglese P. 2013. Sustainability evaluation of Sicily's lemon and orange production: an energy, economic and environmental analysis, Journal of Environmental Management 128: 674-682.
22- Raei Jadidi M., Homayounifar M., Saboohi Sabouni M., and Kheradmand V. 2010. Investigation of energy efficiency and productivity in tomato production (Case study: Marand city), Journal of Agricultural Economics and Development (Agricultural Sciences and Industries) 24(3): 363-370. (In Persian)
23- Sajjadifar H., Asali M., and Fathi B. 2015. Measuring energy efficiency using coating analysis method with undesirable outputs, Journal of Planning and Budgeting 20(4): 55-70. (In Persian)
24- Soheilifard F., Taki M., and Van Zelm R. 2020. Impact of energy flow optimization on the mitigation of environmental consequences and costs in greenhouse cucumber production, Environmental science and pollution research: https://doi.org/10.1007/s11356-020-11219-8.25-Soltanali H., Nikkhah A., and Rohani A. 2017. Energy audit of Iranian kiwifruit production using intelligent systems, Energy 139: 646-654.
25- Taki M., Ajabshirchi Y., Abdi R., and Akbarpour M. 2012. Energy efficiency analysis of greenhouse cucumber crop by data envelopment analysis method, case study (Shahreza city - Isfahan province), Journal of Agricultural Machinery 2(1): 28-37. (In Persian)

26- Taki M., Ajabshirchi Y., and Ghobadifar A. 2016. Using non-parametric mathematical model to optimize energy consumption and greenhouse gas emissions in irrigated wheat cultivation, Journal of Environmental Science and Technology 18: 77-89. (In Persian with English abstract)
27- Taki M., Rohani A., Soheili-Fard F., and Abdeshahi A. 2018. Assessment of energy Consumption and modeling of output energy for wheat production by neural network (MLP and RBF) and Gaussian process regression (GPR) models, Journal of Cleaner Production 172: 3028–3041.
28- Torabi S., and Ghorbani M. 2015. Efficiency of traditional dairy farms: implication and strategist for their promotion in Mazandaran province (application of Fuzzy Data Envelopment analysis), Iranian Animal Science. 46(4): 445-456. (In Persian with English abstract)
29- Tsionas E.G. 2003. Combining DEA and stochastic frontier models: An empirical Bayes approach, European Journal of Operational Research 147: 499-510.
30- Vahedi A. 2019. Study of efficiency and optimization of energy consumption of broiler units in Alborz province with data envelopment analysis approach, Iranian Biosystem Engineering 50(2): 475-488. (In Persian with English abstract)
31- Yong T., and Chunweki K. 2003. A hierarchical AHP/DEA methodology for the facilities layout design problem, European Journal of Operational Research 147(2): 128-136.
32- Yu J.R., Tzeng Y.C., Tzeng G.H., Yu T.Y., and Sheu H.J. 2004. A fuzzy multiple objective programming to DEA with imprecise data, International Journal of Uncertainty, Fuzziness and Knowledge-Based Systems 12: 591-600.
33- Zarini R.L., Yaghoubi H., and Akram A. 2013. Energy use in citrus production of Mazandaran province in Iran, African Crop Science Journal 21(1): 61-65.

Journal of Agricultural Economics and Development
Vol. 35, No. 2, Summer 2021, p. 133-146

نشریه اقتصاد و توسعه کشاورزی
جلد ۳۵، شماره ۲، تابستان ۱۴۰۰، ص. ۱۴۶-۱۳۳

Data Envelopment Analysis in Uncertainty Conditions to Improve the Energy Consumption in Mazandaran Kiwi Orchards

M. Sabaghi Alamshiri[1]- M. Taki[2*]- M. Mardani Najafabadi[3]- A. Marzban[4]

Received: 07-01-2021
Accepted: 29-04-2021

Introduction: One of the principal requirements for sustainable agriculture is efficient energy use. Energy use in agriculture has been increasing in response to the growing global population, limited arable land and desire for higher living standards. It should be noted that agriculture contributes significantly to atmospheric GHG emissions, with 10-12% of the net global CO_2 (carbon dioxide) emissions. The scientific community believes global warming will pose one of the major environmental challenges in the future, with the bulk of GHG originating from fossil fuel consumption. Kiwifruit is an economically important fruit crop in northern Iran, because the northern region of Iran is a suitable, natural habitat for kiwifruit cultivation. The high kiwifruit production in Iran has reached a point that Iran is now well-known on global markets and in recent years this fruit has contributed a large share to agricultural exports. More recently, Mazandaran horticulturists have been encouraged to produce more kiwifruit. Increased production leads to greater energy consumption by Iranian kiwifruit orchards due to the added application of inputs, such as fertilizers and fuel. Besides, where there is no clear energy consumption pattern in agricultural production, especially fruit orchards, a lot of energy dissipates in the fruit production cycle. Therefore, it seems necessary to provide a model for the energy consumption of kiwifruit orchards in Mazandaran Province to prevent excessive energy utilization. Energy analysis is one of the methods has been used to evaluate the status of agricultural production. In this regard, many researchers have used Data Envelopment Analysis (DEA) for optimization the energy consumption in agricultural productions. DEA is recognized as a methodology widely used to evaluate the relative efficiency of a set of decision-making units (DMUs) involved in a production process. Although DEA is a powerful tool to measure efficiency but the uncertainty in the applied data in this model is inevitable and there is need to use different models that be able to control this uncertainty.

Materials and Methods: In this study, in order to determine the efficiency of kiwifruit orchards in Mazandaran province and in terms of uncertainty of input data, the Robust Data Envelopment Analysis model (RDEA) and Fuzzy Interval Data Envelopment Analysis model (FIDEA) were used. The method incorporates the degree of conservatism in the maximum probability bound for constraint violation. The required data were collected by distributing and completing a questionnaire and face-to-face interview using random sampling method in 1397-98.

Results and Discussion: The results showed that the average technical efficiency of all kiwi fields in RDEA model at three levels of probability include: 10, 50 and 100% is equal to 0.93, 0.96 and 0.98%, respectively. The results of FIDEA model showed that if the level of parameter α (optimal use of production factors) increases, the average efficiency of kiwi fields will increase. The highest energy savings are related to chemical pesticides and the lowest amount of savings is related to the chemical fertilizers and electricity inputs, respectively. So, holding the training courses on the correct and optimal use of production inputs from an economic and managerial point of view and improving the level of knowledge of farmers and factors involved in kiwi production in Mazandaran province can improve the efficiency and save energy consumptions.

Conclusion: Evaluating the performance of many activities by a traditional DEA approach requires precise input and output data. However, input and output data in real-world problems are often imprecise or vague. To deal with imprecise data, this study uses RDEA and FIDEA approaches as a way to quantify vague data in DEA models. It is shown that the approaches can be a useful tool in DEA models without introducing additional complexity into the problem. A case study of kiwifruit orchard units is presented to illustrate the reliability and flexibility of the models. As a result, efficiency decreases as the constraint violation probability increased.

1, 2 and 4-M.Sc., Assistant and Associate Professor, Department of Agricultural Machinery and Mechanization, Agricultural Sciences and Natural Resources University of Khuzestan, Mollasani, respectively.
3- Assistant Professor, Department of Agricultural Economics, Agricultural Sciences and Natural Resources University of Khuzestan
(*- Corresponding Author Email: mtaki@asnrukh.ac.ir)
DOI: 10.22067/JEAD.2021.68026.1008

Additionally, the RDEA approach provides both a deterministic guarantee about the efficiency level of the model, as well as a probabilistic guarantee that is valid for all symmetric distributions.

Keywords: Robust data envelopment, Energy optimization, Efficiency